

# エネルギー環境教育としての 「長崎市域における太陽光発電装置の利用実態調査」

富山 哲之\*・矢ヶ部和洋\*\*

(平成16年10月31日受理)

Utilization Fact-Finding of the Photovoltaics  
Power Generation System in the Nagasaki City Limits  
as an Energy Environmental Education

Noriyuki TOMIYAMA\*・Kazuhiro YAKABE\*

(Received October 31, 2004)

## 1. はじめに

現代のクリーンな新エネルギー源として地熱、太陽光、風力、及び海洋エネルギー等が注目されている。近年、我が国では、自然エネルギーの活用等、新エネルギー開発推進計画を策定、実施している。中でも太陽光発電は我々が身近に関われる存在になりつつある。我が国で太陽光発電装置の開発が活発化したのは、1974年にサンシャイン計画がスタートしてからである。1985年を境にして太陽光発電装置の高効率・低コスト化技術が急速に進展した。当時、本県五島においても我が国第1号の太陽光発電実証プラント（海水・鹹水淡水化装置）が設置された。現在、太陽光発電システムの大量の実用化・普及が促進され、市場形成に向かいつつある。一方、風力エネルギーの活用も盛んになりつつある。企業では風力発電装置の開発、導入を一層積極的に推進している。これら太陽光発電装置や風力発電装置は年々増加して設置されつつあり、太陽光・風力補完型発電方式への取り組みも見られる。何れにせよ未来の代替エネルギーの有力候補である。現段階で新エネルギーはエネルギー問題の支配的要因ではないし、近い将来に主要なエネルギーに取って代わるほどの供給能力に成長するとは考えにくい。新エネルギーによる発電システムのコスト低減に向けた技術開発が着実に展開されている。

学校教育において、1998年（平成10年）の新学習指導要領告示後、理科教科書でも環境学習関連の内容が大幅に拡充された。前述したように未利用な地域資源を活用するためにはまず第一に地域の実態を良く知ることであろう。そこに環境教育の果たす役割があるように思われる。環境教育の実践上の着眼点<sup>1)</sup>として、エネルギーの消費者ができる行動として人間の生活スタイルや産業構造を省エネルギー・リサイクル型に変革して行く中でエネルギー問題を理解させること、更に身近な生活の中から教材を構成して問題意識を高め、

---

\* 長崎大学教育学部理科

\*\* 長崎県立佐世保商業高等学校

実践的態度を養うこと、等が指摘されている。

本稿では、主題の太陽光発電に関わり新しい学習指導要領の下で編纂された現行の理科教科書に示される太陽光発電関係の教材・内容等をレビューする。また、環境教育に資するため、身近なエネルギー環境調査として、長崎市域における太陽光発電装置の設置状況の調査及び設置者に対するアンケート調査を行ったことについて述べる。

## 2. 小学校、中学校及び高等学校「理科」における太陽光発電装置（以下、太陽電池と称する）関係事項の扱い

高等学校における主題の太陽電池関係の教材・内容等については後述するとして、まず、小学校から中学校に亘る学年を通覧して、太陽電池関係の内容を示すことにする。

### 2・1 小学校「理科」における“太陽電池”学習

小学校における学習内容ないし活動は、主題関係のものは「B 物質とエネルギー」で扱われ、「A」ないし「C」区分では扱われない。小学校・第4学年で初めて太陽電池関係の内容が登場しており、小学校3年、5年、6年の理科教科書においては、これらの内容は登場しない。関連する内容としての電気・電流は、第3学年以上で継続して取り扱われており、磁石または磁気の基本を電流との関連において捉えようとする思想・態度が貫かれている。

第4学年では、電池の中には太陽の光で電気を起こすものもあることが示されている。太陽電池を用いて模型用小型モーターを回したり、太陽電池と模型モーターを用いてソーラーカー製作のもの作り活動が取り入れられている。太陽電池を用いて色々な現象を調べることによって、その性質、働きを理解させ、更にそこに見られる変化の決まりを確認させ、またそのことに興味を持たせようとするのである。

調査した5社の小学校理科教科書<sup>2)</sup>小学校4年用に記述された内容や具体物は次の通りである。

「光を当てると電気が起こる電池を光電池といいます。」「日光の当たり方によって回路を流れる電流の強さが変わり、モーターの回る速さも違います。」「光電池にモーターなどをつないで、日光を当ててみよう」「光電池は写真の例のようにいろいろなところで使われている」「光電池は当たる光の強さによって、流れる電流の強さは変わり、はたらくの大きさが変わる」「光電池は光を電気に換える電池です。光電池に光が当たっている間はいつでも電流が流れるようになっています。」「身の回りで乾電池や光電池がどんなところに使われているか探してみよう」「太陽の光をエネルギーとして生かす光電池は地球に優しい電池として期待されています。」、等の記述が見られる。「光電池」、「ソーラーカー」、「おもちゃのメリーゴーランド」、「計算機」、「宇宙ステーション」、「道路標識」、「水をきれいにする装置」、「無人島の灯台」、「街灯」、「人工衛星」、「バス停」、「ストップウォッチ」、「プロペラを回す実験装置」、等の具体物が示されている。

このように、小学校理科教科書での太陽電池の呼称は「光電池」として統一されていることが分かる。また、身の回りで目に付く太陽電池を使用した具体物が全ての教科書に示されている。小学校段階では、エネルギーに関して感覚に訴える初歩的なことを学習するのであり、エネルギーという用語や定義そのものは抽象性が高いので多くの理科教科書の

中では使用していない。

## 2・2 中学校「理科」における“太陽電池”学習

中学校理科の教科書における太陽電池の取り扱いをまとめると次のようである。調査した4社の中学校理科教科書<sup>3)</sup>の第1分野（上），と第2分野（上），（下）の教科書に於いては，太陽電池関係の内容は登場しないが，第1分野（下）「科学技術と人間」の中単元に次のような記述が見られる。

「光電池（太陽電池）を使って，太陽の光エネルギーを利用する発電方法で，電卓などに利用されている。」，「現在，クリーンなエネルギー資源として，太陽光，風力，波力，地熱，燃料電池等の利用・・・（中略）・・・いずれも小規模な発電にとどまっており，今後の開発が期待されている。」，「太陽光発電は，太陽の光エネルギーを太陽電池によって電気エネルギーに変える。・・・（中略）・・・天候や昼夜によって発電量が左右されることが短所である。」，「いま降りそそぐ太陽の光と熱，地球の運動などが生み出すエネルギーは，・・・（中略）・・・再生可能エネルギーには，太陽熱，太陽光，風力，水力，地熱，バイオマスなどがある。」，「再生可能エネルギーの利用は，水力発電を除けばまだ大規模には行われていない・・・」，等の記述が見られる。「太陽光発電パネル」，「ソーラー時計」，「電卓」，等の具体物が示されている。

このように，第1分野の「科学技術と人間」では，エネルギーの確保，環境保全，エネルギー資源の特性，エネルギーの利用についての記述があり，多面的・総合的に学習する場としての位置付けがされている。これは第2分野の「自然と人間」との組み合わせでどちらかを選択することができる。

実際の現場における学習活動では，太陽電池に対する，かなりのアプローチがなされるべきであろう。理科における環境教育として，身の回りで太陽光発電の利用実態を調べたり，施設見学，インターネットを駆使した新エネルギーの調べ学習，等が挙げられる。

第1分野（下）「運動の規則性」の中単元でも，エネルギー変換・保存と関連させて学習させるために光電池を活用した教材の開発が必要である。

小学校段階で使われている光電池の名称は，中学校段階で太陽電池または太陽光発電の名称が多く登場している。電池の定義からすれば太陽（光）電池という呼称は相応しくないのであるが今日では物理電池として分類されて広く普及している。

## 2・3 高等学校「理科」における“太陽電池”学習

高等学校理科における太陽電池の取り扱いをまとめると次のようである。調査した7社の高等学校理科教科書<sup>4)</sup>の物理，化学，理科基礎，理科総合のそれぞれの教科書に太陽電池に関する内容が登場している。

太陽電池に関する記述は，「物理ⅠB」の教科書では見られないが，「物理Ⅱ」では次のような記述が見られる。「p n接合を利用して，発光ダイオードとは逆に，光エネルギーを電気エネルギーに変換することができる。p n接合に光が当たると，・・・（中略）・・・n型とp型の間に起電力（電位差）が生ずる。・・・こうして光電池（太陽電池）ができる。・・・」，絵図として「フォトダイオードの図」，「p型半導体の模式図」，「太陽電池の仕組み」，「ホール移動の様子」，等が示されている。

化学の教科書では電池材料精製の化学反応の視点での記述が見られる。「化学ⅠB」の教科書では、「太陽電池にはケイ素の半導体を用いられている。太陽電池は酸化還元反応を利用する化学電池ではなく、光エネルギーを電気エネルギーに変換する物理電池である。」、具体物として、「太陽光発電装置」、「電気自動車」が挙げられる。「化学ⅡB」では、「現在の電子工業を支えているのは、シリコン（ケイ素）である。シリコンは、半導体電子材料として非常に重要であるだけでなく、太陽電池の材料としても使われる。・・・」、等の記述が見られる。

「理科総合A」の各社の教科書ではそれぞれ環境に関わる記述が見られる。「太陽光発電は太陽電池による発電である。発電効率は素材によって異なる・・・（中略）・・・これからの課題としてはコストが高いこと、エネルギー供給効果が小さいことがあげられる。」、具体物として、「太陽電池（ソーラーパネル）」、「ソーラーカー」、「太陽光発電住宅」、「太陽発電の仕組みについての図」、「街灯などに設置されている太陽電池（ソーラーパネル）」が挙げられる。「理科総合B」では1社のみ、「太陽エネルギーの測定」を課題研究のテーマに取り上げている。「理科基礎」では、「太陽光発電は半導体によって光のエネルギーを電気エネルギーに変換する方法で発電する。大気汚染も騒音もないという点が長所である。・・・」、「瓦一体型太陽電池」、等の記述が見られる。

以上のように、太陽電池に関する教材・内容は前回・1989年（平成元年）の学習指導要領の改定時に小学校4年の理科教科書に初めて登場している。1998年（平成10年）の学習指導要領の改定により小・中学校は2002年度・高等学校は2003年度から完全実施された教育課程において、小・中・高校の理科教科書に太陽電池に関する教材・内容が大幅に取り扱われている。中学校のエネルギー学習では、エネルギーにはいろいろな姿がありそれらが相互に変換すること、及びエネルギーが保存されることを到達目標にしている。後者については、熱に関する事項、仕事と仕事率に関する事項が高校の理科教科書へ移行したためにエネルギー保存に関する指導が難しくなったとも言える。高校では、学習者の多くは、高校3年間の理科の履修科目が2科目程度であり、然も全高校平均の物理の履修率が15%以下に低下していることを考慮すれば、エネルギーについて系統的に学習を深める機会は少ないように思われる。

### 3. 太陽光発電装置の設置状況調査

#### 3.1 調査方法

九州電力（株）長崎営業所から提供された資料・長崎市における太陽光発電系統連系町別一覧表（2003年11月18日時点の実績）に基づいて分析した。これは太陽光発電装置を九州電力（株）の配電網に系統連系した連系型システムの資料であり、一般住宅や公共施設・事業所等に設置されたものが対象である。電卓や道路標示、浮標等に使用されている小型の太陽電池のように独立型システムの発電出力は当該資料には含まれない。

#### 3.2 調査結果と考察

長崎市は414町（丁）から成りこの内の236町（丁）には太陽光発電装置は設置されていない。少なくとも最低1台以上の太陽光発電装置が設置されている地区は178町である。

全市域の設置件数は508件、総発電出力は1916.72kWである。これより1施設当たり平均の発電出力約3.8kWの太陽光発電システムが稼働していることが分かる。

前述の九州電力（株）の資料（2003年）にある太陽光発電装置の発電出力を編集して地区累計出力別の分布を表1に示す。発電出力の合計が10kW未満の地区は118町、10kW～20kW未満は38町、20kW～30kW未満は11町、30kW以上11町である。この中で最多の10kW未満の地区数について、5kW未満の地区は75町、5kW～10kW未満の地区は43町となる。これら10kW未満の地区が全体の地区数の66%を占めており、然も総発電出力の31%を占めている。発電出力が多い順に示したのが表2である。最も設置件数と発電出力の多いのは東町で48件、発電出力157.3kW、この地区で総発電出力の約8.2%を占めている。次いで小江原町19件、71kW、さくらの里1丁目19件、65.5kWと続いている。

表1 太陽光発電装置の地区累計出力別設置状況

発電出力区分	地区数	件数	発電出力(kW)	割合(%)
1kW～10kW	118	158	594.76	31.03
10kW～20kW	38	138	494.88	25.82
20kW～30kW	11	56	250.80	13.08
30kW～	11	156	576.28	30.07

表2 太陽光発電出力上位11地区と設置件数

順位	地区(町)名	件数	発電出力(kW)
①	長崎市東町	48	157.3
②	長崎市小江原町	19	71.0
③	長崎市さくらの里1丁目	19	65.5
④	長崎市三京町	13	43.28
⑤	長崎市毛井首町	10	40.1
⑥	長崎市畝刈町	9	36.5
⑦	長崎市川平町	10	36.0
⑧	長崎市福田本町	9	33.5
⑨	長崎市田中町	9	33.1
⑩	長崎市小瀬戸町	9	30.0
⑪	長崎市文教町	1	30.0

1地区当たり最低の設置台数は1台であり然も発電出力3kWの太陽光発電装置を設置した町は29町であった。このことから発電規模3kW程度の太陽光発電システムの設置台数が多数を占めていると考えられる。太陽光発電装置の設置件数が多いのは、長崎市の都心から離れた東長崎地域の東町を筆頭に、地域全体が新興住宅地或いは地区内の一角に新

しい住宅団地の開発が進んでいる郊外のベッドタウン地域という特徴がある。

#### 4. 太陽光発電装置の設置者に対するアンケート調査

##### 4.1 調査方法

2003年10月から2004年1月までの間に、長崎市域内において太陽光発電装置が設置された家屋を任意に探し、一般住宅の設置者に対し質問調査を行ったものであり、29戸から回答を得た。質問調査紙によるアンケートの概要を示す。(1) 太陽光発電装置を設置した時期、(2) 太陽光発電装置を設置しようと思った動機、(3) 太陽光発電装置の設置場所、(4) 太陽光発電装置設置後の効果、(5) 設置した太陽光発電装置の定格出力、(6) 太陽光発電装置で発電した電気の利用、等に関する6項目である。

##### 4.2 調査結果

項目(1)	太陽光発電装置の設置年	戸数(人数)
	① 2000年	6
	② 2001年	7
	③ 2002年	7
	④ 2003年	9

項目(2)	太陽光発電装置設置の動機	人数(戸数)
	① 自分の考えによる	15
	② 業者に勧められて	13
	③ その他	1

項目(3)	太陽光発電装置の設置場所	戸数(人数)
	① 家屋の屋根の上	29

項目(4)	太陽光発電装置設置後の効果	人数(戸数)
	① 役に立っている	27
	(a) 思った以上に発電できている。	
	(b) 電気代が安くなった。	
	(c) 電気に対して関心をもった。	
	(d) 環境のことを考えるようになった。	
	② 役に立っていない	2
	(a) 思った以上に発電していない。	
	(b) 原価償却するまでに時間がかかる。	

項目（５）	設置した太陽光発電装置の定格出力	台 数（戸数）
	① 3 k W未満	1
	② 3 k W以上 4 k W未満	21
	③ 4 k W以上 5 k W未満	3
	④ 5 k W以上 6 k W未満	3
	⑤ 6 k W以上	1

項目（６）	太陽光発電装置で発電した電気の利用	人 数（戸数）
	① 電力会社に売電している	29
	② 別系統配線で自家利用している	3

（複数回答）

#### 4・3 調査の分析と考察

項目（１） 最近４年間に太陽光発電装置を設置している家屋が殆どを占めるが設置戸数は着実に増加していることが分かる。新しい型式の装置として、瓦一体型、または太陽光自動追尾型のものが数台設置されていた。

項目（２） 設置者自身の考え、または業者に勧められて設置したという回答がほぼ半数に分かれた。設置者はマスメディアの宣伝広告により情報を得ているようである。家屋の新築に際しての設置が大多数であった。我々が家庭で使用する電力だけで一人当たり年間700kg以上の二酸化炭素を排出しているといった環境問題のことを考えて設置したという設置者や太陽光発電装置を使用することにより節電に対する意識が高まったとする設置者が多く見られた。

項目（３） 太陽光発電装置の多くは２階建木造家屋の屋根の南側傾斜面に沿って設置されていた。

項目（４） 太陽光発電装置を設置して役に立っているという回答者が多い。設置前に想像していた通りに発電している。順調に発電している。季節によっては予想以上の発電をしている。電気について関心がでてきた。環境問題への関心がでてきた。不満があることとして、使用した電気代と発電して売電した電気代は大体同じぐらいであり、利益が生じたという感じがしない、等の意見があった。

項目（５） 調査した29戸中の7割は発電出力が4kW未満の装置を使用している。この内訳は、発電出力が3kWと回答した設置者が13名であり、ほぼ半数を占めている。このことから定格発電出力3kW型の太陽光発電装置が広く普及していると見られる。このように3kW型が広く普及している理由として、発電装置が標準的な家屋に適した寸法と重量であること。この規模のものは標準的な家庭の1日の消費電力量を賄えるものであること。発電装置の販売価格や家屋への取り付け費用、補助制度による補助額を考慮すると個人が受容可能な規模であること、等が挙げられる。

項目（６） 太陽光発電装置の全ての設置者が電力会社との電力売電契約を締結している。設置者は結局全量、電力系統側から受電するのであるが、装置の発電による売電とい

う形で、太陽光発電システムの恩恵を受ける。電力会社側からすれば配電線を通して屋根を借用した小さな発電所としての位置付けであろう。各住宅に取り付けられている電力計は、電力会社に売却する余剰電力量を計算する売電用メーターと購入する電力を計算する買電用メーターの2種類のものを取り付けている。太陽光発電からの余剰電力は、電力会社が販売する電力料金と同じ単価で取引されている。発電量が不足するときは不足分を商用電力で賄うことになる。

設置者が回答した月間発電電力量に関して、発電出力3kW型の太陽光発電装置では月平均160kWhを越えているものが多い。日射量の豊富な夏期は280kWh程度に達し、逆に日射量の乏しい冬期は120kWh程度に低下する。このようなケースは、太陽光発電装置の受光面を南向きの屋根の傾斜面に取り付け、然も太陽光が1日中十分に照射される場合である。付近の建物で日陰が生じたりするような日照条件が良くない設置場所では、月平均70kWhのケースが見られた。5kWまたは6kW型の発電装置を設置しているところでは、それぞれ月平均400kWh、および420kWhである。夏期でそれぞれ450kWh、550kWh、冬期でそれぞれ300kWh、330kWhである。定格発電出力が大きい装置ほどほぼ出力に比例した電力量が得られている。

太陽光発電装置の設置上の利点として、建物等の多重利用、空地の利用が可能である。装置が低コスト化に向かいつつある現在、今後の調査においても更に太陽光発電装置の設置件数の増加傾向が続くことが予想される。

## 5. おわりに

本小論では、小学校、中学校、高等学校で現在使用されている理科教科書の太陽光発電に関する事項を通覧してその位置付けを調べた。新エネルギーに過度の期待をするのは未だ無理な面があるが次世代のエネルギー源、またはエネルギー変換装置としての萌芽的な教材・内容である。エネルギーの定義は、物理学では物体や系がもっている仕事をする能力の総称<sup>5)</sup>、である。閉じた系で普遍的に保存されるという意味で最も基本的な物理量<sup>6)</sup>、である。エネルギー問題で扱われるエネルギーは消費されるものとして強調される傾向にある。中学校・高校段階において、エネルギー変換・エネルギー保存を検証できるような、太陽電池を利用した実験教材の開発が必要であると思われる。

長崎市域の太陽光発電の利用実態調査を行った結果、太陽光発電システムによる総発電量は当地域の販売電力量の0.1%以下であるが、一般住宅、公共施設・事業所等、個々の消費電力を賄う程度の装置が徐々に増加していることが分かった。設置者の省エネルギー意識の高まり、環境問題への関心の高まり等が伺えるようである。筆者らは今後エネルギー・環境教育実践で身近なエネルギー環境調査の一課題として教育に活用して行きたいと考えている。

## 謝辞

本稿において分析された長崎市の太陽光発電系統連系町別一覧表は、九州電力(株)長崎営業所営業課の堀田知秀氏が収集されたものを使用の許諾を得た上で使用させていただいた、記して、謝意を表します。



### 参 考 文 献

- 1) 佐島群已他共編：環境教育指導事典（国土社，1988）88.
- 2) 学校図書他 5 社：平成14年度用小学校理科教科書，学校図書，教育出版，啓林館，大日本図書，東京書籍，(2001).
- 3) 学校図書他 4 社：平成14年度用中学校理科教科書，学校図書，啓林館，大日本図書，東京書籍 (2001).
- 4) 啓林館他 7 社：平成15年度用高等学校理科教科書，啓林館，三省堂，実教出版，数研出版，第一学習社，大日本図書，東京書籍 (2002).
- 5) 物理学辞典編集委員会編：物理学辞典（培風館，1996）190.
- 6) 長倉三郎他共編：理化学辞典(岩波書店，2000)147.